

$$I_2 = 6,3361e-2 + 3,7162e-3x + 7,7167e-6x^2 \\ - 2,4230e-4x^3 + 3,4457e-5x^4 - 1,4074e-6x^5 \\ R^2 = 0,631 \\ x = 0 \text{ — Enero } \quad x = 11 \text{ — Diciembre}$$

La figura 1 muestra los valores medios de I_1 y I_2 mensuales y los polinomios característicos de cada región.

Discusión de los resultados

Los resultados obtenidos en el análisis de la precipitación en el País Vasco, considerando ésta como eventos, permite diferenciar dos modelos característicos que se corresponden con las dos regiones climatológicas que, a groso modo, hemos definido con anterioridad.

El primero de estos modelos corresponde a la vertiente Cantábrica que se caracteriza por la homogeneidad de I_1 a lo largo del año, con valores comprendidos entre 0,125 y 0,167, frente a la marcada heterogeneidad de la vertiente del Ebro. Esta homogeneidad refleja que el número medio de eventos mensual a lo largo del año no muestra grandes variaciones. Los meses del año en los que los eventos lluviosos son menos abundantes son los que corresponden al estío (junio a octubre), correspondiéndole al mes de septiembre el mínimo, mientras que en los meses de noviembre a mayo la media de I_1 es mayor, siendo en los meses de enero y mayo cuando el número medio de eventos es mayor. La importancia de estos eventos, reflejada por los valo-

res de I_2 , es mayor entre los meses de noviembre a marzo (próximo a 0,03) en los que son necesarios un menor número de eventos para que se produzca una precipitación de 1 mm, correspondiéndole al mes de enero el valor más bajo, y al mes de julio el más alto (0,08).

En la vertiente del Ebro la variación de I_1 mensual es más amplia que en la otra vertiente, oscilando sus valores entre 0,171 y 0,075, reflejando una clara heterogeneidad en la producción de eventos. El período con mayor ocurrencia de eventos es el comprendido entre los meses de noviembre y mayo encontrándose los máximos en enero, abril y mayo. El período comprendido entre junio y octubre muestra valores de I_1 inferior a 0,12, siendo el mes en el que se producen menos eventos el de agosto. La importancia de estos eventos, en lo referido al aporte de precipitaciones, es menor que en la vertiente cantábrica, variando sus valores entre 0,083 y 0,051. Esto muestra que los eventos lluviosos que ocurren a lo largo del año son bastante homogéneos, siendo el mes de mayo en el que los eventos son menos importantes y el de noviembre en el que lo son más.

Conclusiones

El País Vasco se caracteriza pluvio-

métricamente por dos zonas bien diferenciadas, la vertiente Cantábrica y la vertiente del Ebro. La primera de ellas se caracteriza por una mayor ocurrencia de eventos y más intensos que la segunda. La ocurrencia de eventos en ambas regiones es similar entre los meses de noviembre a mayo marcando la diferencia entre ambas el periodo restante; la importancia de los eventos, mayor en la vertiente Cantábrica, a lo largo del año, marca de nuevo esta diferencia.

Si bien la longitud de las series históricas de precipitaciones es corta, el tratamiento realizado, que forma parte de un estudio más amplio, aporta información suficiente y permite poner en práctica nuevos métodos de tratamiento estadístico de la precipitación.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias a los proyectos de investigación 121.310-9/88 de la U.P.V. y CRG 900431 de la N.A.T.O.

Referencias

Llamas, J. (1986): *Análisis matemático en hidrología*, México, 118 pp.

Recibido el 30 de enero de 1991
Aceptado el 1 de marzo de 1991

Geometry and kinematic of post-Aquitania brittle deformation in the Alpujárride rocks and their relation with the Alpujárride/Nevado-Filábride contact

Geometría y cinemática de las deformaciones frágiles post-Aquitanienses en los materiales alpujárrides y su relación con el contacto Alpujárride/Nevado-Filábride

J. Galindo Zaldívar (*); F. González Lodeiro (*) y A. Jabaloy (*)

(*) Dep. de Geodinámica, Univ. de Granada, 18071 Granada

ABSTRACT

An extensional brittle detachment with a top-to-the-west directed movement exists between the Alpujárride and Nevado-Filábride Complexes (Betic Cordilleras): The Mecina Detachment Fault. Extensional duplexes and thinning of Alpujárride rocks are originated by a set of low angle normal faults in the hanging wall of this detachment. The Mecina Extensional System, including those faults, was active from Burdigalian till early Tortonian. We propose that the Mecina Extensional System would participate in the thinning of the South Iberian Peninsula continental crust.

Key words: Detachment fault, low angle normal faults, extensional system, thinning.

Geogaceta, 10 (1991), 130-134.

Introducción

El Complejo Alpujárride está formado por varias unidades tectónicas superpuestas en dos generaciones de cabalgamientos con movimientos del bloque de techo hacia el ENE y posteriormente hacia el NNW (Cuevas *et al.*, 1986, Cuevas, 1988; Campos y Simancas, 1989). El contacto con el Complejo Nevado-Filábride, situado debajo de todo el edificio alpujárride, es una falla frágil afectada por pliegues de gran radio de dirección media E-W. Dicho contacto fue interpretado por Aldaya *et al.*, (1984) como una falla normal de bajo ángulo: La Falla de Mecina. En S^a Alhamilla el mismo contacto ha sido denominado Falla de Torres-Cartas por García Dueñas *et al.* (1986). García Dueñas y Martínez Martínez (1988) designan a la totalidad del contacto Alpujárride/Nevado-Filábride: Despegue extensional de Filabres. Galindo Zaldivar *et al.* (1989) interpretan el mismo contacto como un «detachment» con movimiento del bloque de techo hacia el W en los sectores occidentales de S^a Nevada y S^a de los Filabres, y analizan las deformaciones dúctiles y frágiles asociadas en el bloque de muro.

En el bloque de techo del «detachment» se reconocen un conjunto de fallas normales de bajo ángulo que cortan las unidades alpujárrides y que se unen al «detachment» sin proseguir en el bloque de muro. En este trabajo se analiza la cinemática de las deformaciones frágiles del Sistema Extensivo de Mecina, constituido por las fallas normales de bajo ángulo en el bloque de techo.

El Detachment de Mecina

Denominamos al «detachment» extensivo que separa el Alpujárride del Nevado-Filábride como: «Detachment de Mecina». Proponemos esta denominación frente a la de Despegue extensional de Filabres (García Dueñas y Martínez Martínez, 1988) para mantener el término original con el que fue designado este contacto en la vertiente Sur de Sierra Nevada (Aldaya *et al.*, 1984). También proponemos que se use directamente el término inglés «detachment» porque la palabra española despegue es la traducción de los términos «detachment» y «decoulement», que aunque originalmente tienen significados parecidos no son

estrictamente sinónimos (Allaby & Allaby Ed., 1990).

Las estructuras asociadas al «Detachment de Mecina» tienen características similares en todo el sector estudiado (fig. 1). En el bloque de techo (Alpujárride) se han producido deformaciones frágiles. No se excluye que la continuación de la investigación muestre deformaciones dúctiles extensionales en el bloque de techo; los fuertes adelgazamientos de las formaciones metapelíticas pueden ser una respuesta dúctil durante la tectónica extensional. En el bloque de muro (Nevado-Filábride) las deformaciones dúctiles evolucionan progresivamente a dúctil-frágiles y a frágiles (Galindo Zaldivar *et al.*, 1989). Actualmente el «Detachment de Mecina» es una falla frágil en toda su extensión que desarrolla harinas de falla cuyas potencias oscilan entre uno y varias decenas de metros. Las direcciones y sentidos de movimiento deducidas de las estructuras dúctiles y frágiles en los materiales nevado-filábrides coinciden en el sector occidental de S^a Nevada. Sin embargo, forman entre sí un ángulo de hasta 90° en el sector oriental de S^a Nevada y en S^a Alhamilla. Por todo ello la cinemática de la superficie de «detachment» ha sido determinada en este trabajo exclusivamente a partir de las estructuras frágiles de su superficie y de la roca de falla que lleva asociada. Las direcciones se han establecido con las estrías de falla y las fibras de yeso. Los sentidos se han determinado a partir de los escalones de la superficie de falla con crecimiento de yeso, colas de trituración y estructuras S-C en harinas de falla.

Las direcciones y sentidos observados (fig. 1) indican en casi todos los casos un desplazamiento del Alpujárride sobre el Nevado-Filábride con componente W: hacia el NW en el sector norte de S^a de los Filabres, hacia el W en el área norte de S^a Nevada y en S^a Alhamilla y hacia el SW en la zona sur de S^a Nevada y S^a de los Filabres. No obstante localmente hay algunas estructuras que indican desplazamientos del Alpujárride hacia el SE en el sector oriental de S^a Nevada.

Geometría y cinemática del bloque de techo

Las unidades alpujárrides han sido agrupadas en: Mantos Inferiores, In-

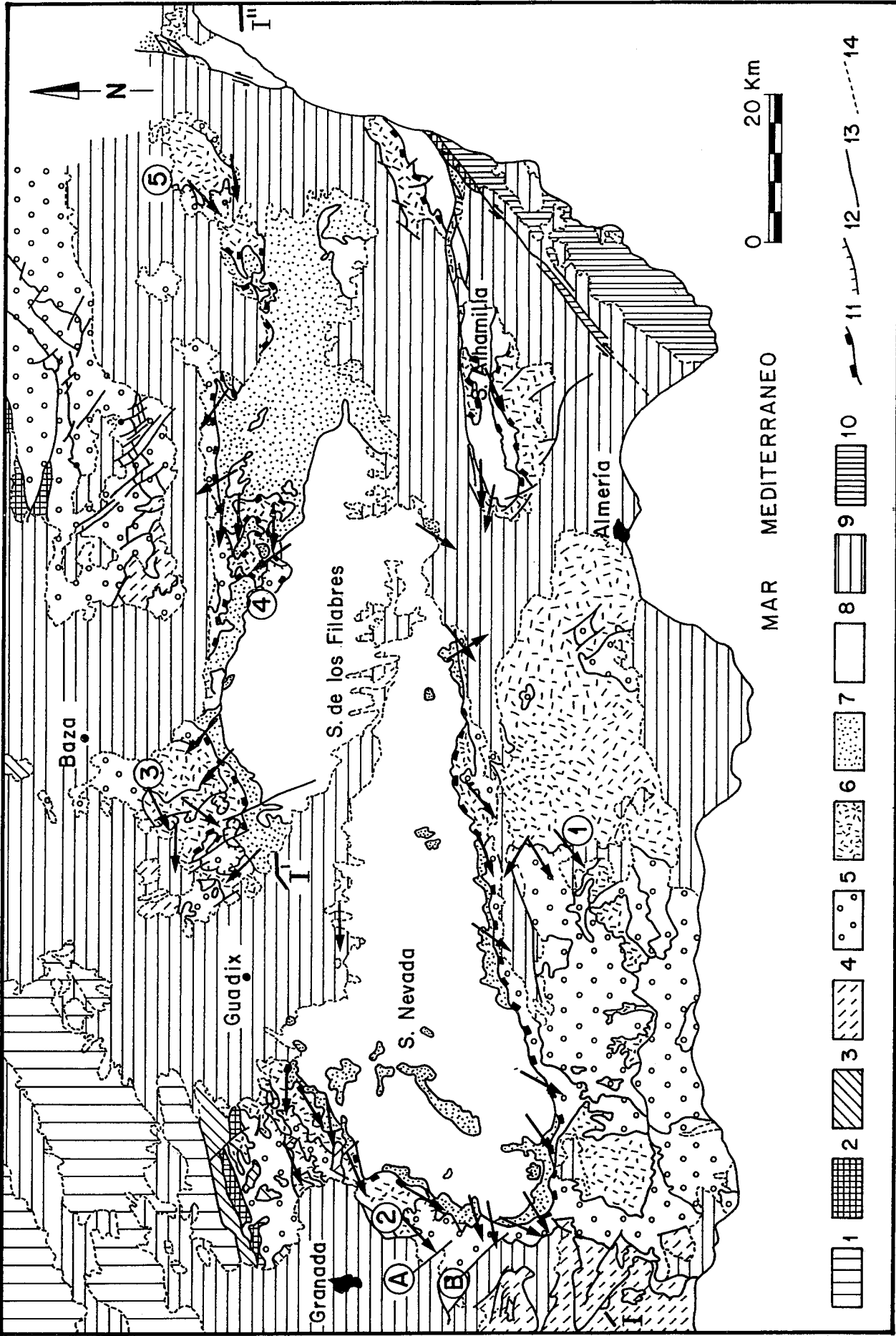
termedios y Superiores, a partir de las asociaciones metamórficas en las sucesiones metapelíticas (Junta de Andalucía, 1985). Las principales fallas normales de bajo ángulo que afectan a la sucesión de unidades alpujárrides son (fig. 1): La Falla de Castala (Aldaya *et al.*, 1986). La Falla del Río Monachil, la Falla de Gor, la Falla de Bacares y la Falla del Río Almanzora. El análisis de sus superficies y de las rocas de falla asociadas indica un desplazamiento de sus bloques de techo hacia el W-SW que es compatible con la cinemática del «detachment» basal. Estas fallas son las responsables del adelgazamiento y geometría de los Mantos Inferiores y dan lugar a que los Mantos Intermedios se pongan en contacto con los materiales nevado-filábrides. En el caso concreto de las Fallas del Río Monachil, Gor y Bacares se originan «duplex» extensionales en los Mantos Inferiores (fig. 2).

Además de estas fallas mayores de bajo ángulo, existen fallas normales de alto ángulo como las del borde occidental de S^a Nevada (Falla de Dilar y Falla de Nigüelas, fig. 1) de dirección NW-SE y con saltos de varios centenares de metros. Dichas fallas producen basculamientos post-tortonienenses y son las responsables de la asimetría del sustrato de las cuencas neógenas al sur de Granada. Ninguna de ellas corta al «detachment». Estas fallas pueden corresponder a antiguas fallas menores del Sistema Extensivo de Mecina que han rejugado posteriormente dentro de un contexto también extensivo.

Dataciones Ar³⁹/Ar⁴⁰ (Monié *et al.*, in press) en materiales del bloque de muro indican que la deformación frágil asociada al «detachment» se inicia en el Langhiense-Serravalliense mientras que las dataciones realizadas en materiales del bloque de techo señalan una edad Burdigaliense. En el SE de Sierra Nevada los materiales tortonienenses descansan discordantes sobre el «detachment de Mecina».

Conclusiones

El «Detachment de Mecina» es una falla frágil con movimiento del bloque de techo de componente W (varía desde el NW al SW según el sector). En el bloque de techo hay fallas normales de bajo ángulo con movimiento de bloque de techo hacia el W, que se



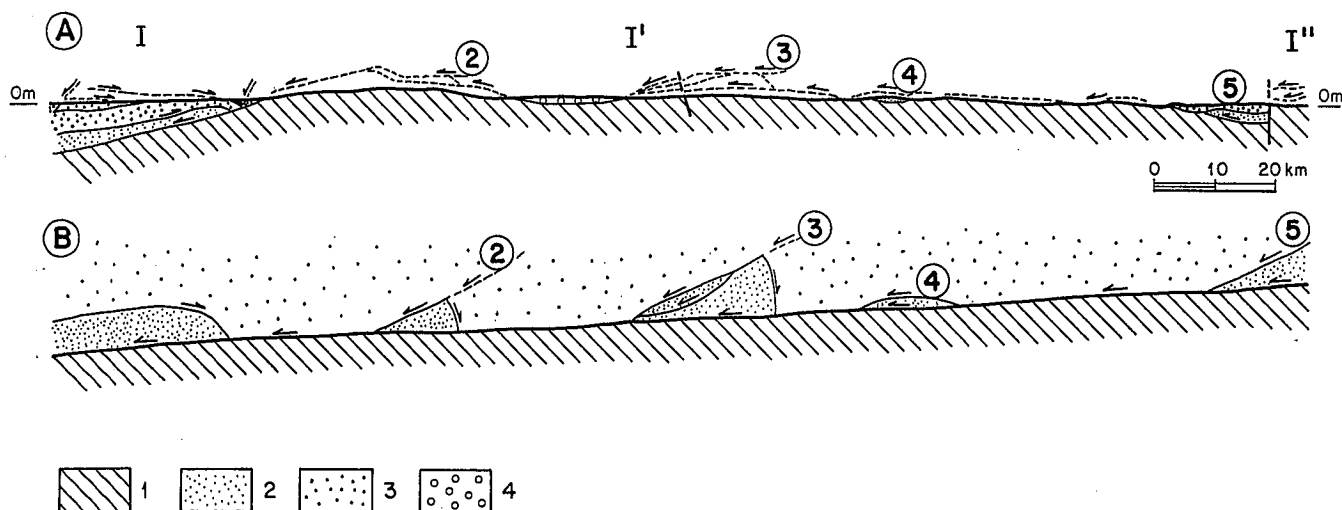


Fig. 2.—Corte geológico (A) y esquema geológico (B) del Sistema extensivo de Mecina. Leyenda: 1: Complejo Nevado-Filábride; 2: Complejo Alpujárride, Mantos Inferiores; 3: Complejo Alpujárride, Mantos Intermedios y Superiores; 4: Rocas sedimentarias Post-Aquitanienses. Los números de las fallas son los mismos que los de la fig. 1.

Fig. 2.—Geological cross section (A) and geological sketch (B) of the Mecina Extensional System. Legend: 1: Nevado-Filábride Complex; 2: Alpujárride Complex, Lower Nappes; 3: Alpujárride Complex, Intermediate and Upper Nappes; 4: Post-Aquitanian sedimentary rocks. The fault numbers are the same as those of the fig. 1.

unen al «detachment» y no continúan en el bloque de muro. La falta de continuidad y la geometría de los afloramientos de los Mantos Inferiores alpujárrides es consecuencia de la tectónica extensiva que origina «duplex» extensionales. Todas estas superficies de fractura se incluyen en el Sistema Extensivo de Mecina, que funciona desde el Burdigaliense al Tortonense basal. Otras fallas normales producen basculamientos post-Tortonenses y pueden ser fracturas de este sistema que han rejugado con posterioridad. El Sistema Extensivo de Mecina contribuye al adelgazamiento de la corteza continental que se observa en el borde sur de la Península Ibérica.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado dentro del proyecto PB-87-0737-C03-01.

Agradecemos a Florencio Aldaya la revisión y corrección de este trabajo.

Referencias

Aldaya, F.; Campos, J.; García Dueñas, V.; González Lodeiro, F.; Orozco, M. (1984): En: *El Borde Mediterráneo español: evolución del Orógeno Bético y Geodinámica de las depresiones neógenas*. Granada.

Aldaya, F.; Campos, J.; Galindo Zaldivar, J.; González Lodeiro, F. (1986): Informe interno en: *Comunicaciones de la Reunión «Cinámica de los Mantos Bético-Rifeños, Reconstrucción del Paleomargen Sudibérico y naturaleza de las manifestaciones Básicas»*. Granada.

Allaby, A.; Allaby, M. (Ed.) (1990): *Oxford University Press*, 410 pp.

Campos, J.; Simancas, J. F. (1989): *Geogaceta*, 6, 50-53.

Cuevas, J. (1988): Tesis. *Univ. País Vasco*, 283 pp.

Cuevas, J.; Aldaya, F.; Navarro-Vilá, F.; Tubía, J. M. (1986): *C.R. Acad. Sc. Paris*, 302, 1.177-1.180.

Galindo Zaldivar, J.; González Lodeiro, F.; Jabaloy, A. (1989): *Geodinámica Acta*, 3, 73-85.

García Dueñas, V.; Martínez Martínez, J. M.; Navarro-Vilá, F. (1986): *Geogaceta*, 1, 17-19.

García Dueñas, V.; Martínez Martínez, J. M. (1988): *Geogaceta*, 5, 53-55.

Junta de Andalucía (1985): *Mapa geológico minero de Andalucía Cons. Economía e Industria*. 150 pp.

Monié, P.; Galindo Zaldivar, J.; González Lodeiro, F.; Jabaloy, A.; Goffé, B. (in press): *J. Geol. Soc. London*.

Recibido el 30 de marzo de 1991
Aceptado el 1 de mayo de 1991

Comentarios de J. Cuevas:

El trabajo presentado me parece de

Fig. 1.—Esquema geológico del sector SE de las Cordilleras Béticas. Leyenda: 1: Dominio Sud-Ibérico; 2: Complejo Málagaide; 3: Complejo Dorsaliano; 4: Complejo Alpujárride, Mantos Superiores; 5: Complejo Alpujárride, Mantos Intermedios; 6: Complejo Alpujárride, Mantos Inferiores; 7: Complejo Nevado-Filábride, conjunto litológico superior; 8: Complejo Nevado-Filábride, conjunto litológico inferior; 9: Rocas sedimentarias post-Aquitanienses; 10: Rocas volcánicas neógenas; 11: «Detachment» de Mecina; 12: Fallas normales de bajo ángulo, 1-Falla de Castala, 2-Falla del Río Monachil, 3-Falla de Gor, 4-Falla de Bacares, 5-Falla del Río Almanzora; 13: Contactos mecánicos, A-Falla de Dilar, B-Falla de Nigüelas; 14: Discordancia. Las flechas muestran la dirección y sentido de movimiento de los bloques de techo de las fallas del Sistema extensivo de Mecina.

Fig. 1.—Geological sketch of the Southeastern Betic Cordilleras. Legend: 1: South Iberian Domain; 2: Málagaide Complex; 3: Dorsalian Complex; 4: Alpujárride Complex, Upper Nappes; 5: Alpujárride Complex, Intermediate Nappes; 6: Alpujárride Complex, Lower Nappes; 7: Nevado-Filábride Complex, upper lithological ensemble; 8: Nevado-Filábride Complex, lower lithological ensemble; 9: Post-Aquitanian sedimentary rocks; 10: Neogene volcanic rocks; 11: Mecina detachment fault; 12: Low angle normal faults, 1-Castala fault, 2-Rio Monachil fault, 3-Gor fault, 4-Bacares fault, 5-Rio Almanzora fault; 13: Mechanical contacts, A-Dilar fault, B-Nigüelas fault; 14: Unconformity. The arrows show the direction and sense of movement of the hanging wall of the Mecina Extensional System faults.

gran interés para la interpretación geodinámica de las Cordilleras Béticas, ya que el «detachment» propuesto por los autores (Fig. 1) presenta una longitud superior a los 200 km, lo que hace que ésta sea una de las estructuras de mayores dimensiones de toda la cadena. Sin embargo, creo que algunas afirmaciones de los autores no están suficientemente argumentadas, posiblemente debido a la limitada extensión de este tipo de comunicaciones. Les agradezco de antemano la aclaración de las principales dudas, contenidas en las siguientes preguntas:

1º Los resultados de trabajos anteriores demuestran que las traslaciones hacia el N-NO producen un fuerte adelgazamiento de los Alpujárrides Inferiores, Medios y Superiores y además, en todo el Complejo Alpujárride se observa una fuerte condensación de las isogradas metamórficas, previa a los cabalgamientos dúctiles hacia el NE. Según los autores de este trabajo, el adelgazamiento y geometría de los Mantos Alpujárrides Inferiores se debe a fallas normales de bajo ángulo asociadas al «detachment» basa. ¿Qué tipo de criterios les permiten descartar el efecto de los adelgazamientos previos al «detachment», para los Alpujárrides Inferiores?

2º El «detachment» de Mecina, con un movimiento del bloque de techo hacia el Oeste (s.l.), no parece compatible con el adelgazamiento actual de la corteza continental de las C. Béticas. Los datos geofísicos sugieren más bien un adelgazamiento cortical

de componente N-S. ¿No es posible que este adelgazamiento actual sea posterior, incluso al plegamiento que deforma el «detachment» de Mecina? Esta idea alternativa permitiría explicar, por ejemplo, la divergencia (de hasta 90°) observable en las direcciones de movimiento de la figura 1 y la dificultad de que el «detachment» se encuentre plegado, en una situación extensiva de dirección N-S, por pliegues de gran radio de dirección media Este-Oeste.

Respuestas

1. En las sierras de Contraviesa y de Gador (al Sur de Sierra Nevada), según los cortes geológicos de Cuevas (1988) por debajo de los Mantos Intermedios siempre se encuentran los Mantos Inferiores y no se refleja en ningún caso que los Mantos Intermedios se superpongan directamente sobre los materiales nevado-filábrides. Esto sólo ocurre a lo largo del Detachment de Mecina donde los Mantos Inferiores están omitidos. En la vertiente Sur, la falla de Castala (nº 1, fig. 1) corta a los contactos de traslación hacia el N-NW (descritos en Cuevas, 1988) y los sentidos de movimiento deducidos de las rocas de falla indican movimientos con componente W-SW.

En la vertiente Norte de Sierra Nevada y de Sierra de Los Filabres, las fallas que limitan a las unidades alpujárrides de los Mantos Inferiores (nº 2, 3, 4 y 5 de la fig. 1) tienen un sen-

tido de movimiento del bloque de techo hacia el W-SW.

Todos los contactos de falla que superponen los Mantos Intermedios alpujárrides sobre las unidades nevado-filábrides también tienen un sentido de movimiento en que el bloque de techo se desplaza hacia el W-SW.

2. El adelgazamiento de la corteza continental bajo el Mar de Alborán se inicia probablemente en el Burdigaliense Superior y está bien comprobado durante el Langhiense-Serravallense (Comas *et al.*, 1990; Jurado y Comas, *in press*) y continúa hasta el Plioceno. Durante la primera parte de esta extensión es activo el Detachment de Mecina que se fosiliza durante el Tortonense Balsal. Creemos por lo tanto, que esta estructura podría haber contribuido al adelgazamiento de la corteza durante el inicio de la extensión en el Mar de Alborán con un funcionamiento probablemente de tipo transtensivo. La configuración actual de los espesores corticales se obtiene por la superposición sobre la configuración de los espesores al final de la etapa anterior de otras deformaciones también generalmente extensivas, desde el Tortonense hasta el Cuaternario.

Otras referencias complementarias

Comas, M. C.; García-Dueñas, V.; Jurado, M. J. (1990): En: *Geology of the Oceans*, Palermo, Abstracts, p. 33.
Jurado, M. J.; Comas, M. C. (*in press*): *Geo-Marine Letters*.

Estructura magnética de los macizos graníticos de Guitiriz y Hombreiro-Santa Eulalia de Pena (Lugo)

Magnetic structure of the Guitiriz and Hombreiro-Santa Eulalia de Pena granitic massifs (Lugo)

A. Aranguren*, C. García* y J. M. Tubía*

(*) Departamento de Estratigrafía, Geodinámica y Paleontología. Univ. del País Vasco. Aptdo. 644. 48080 Bilbao.

ABSTRACT

The magnetic susceptibility anisotropy of 202 sites from the Variscan Guitiriz and Hombreiro-Santa Eulalia granites (Galicia, Spain) has been measured. The magnetic fabric is directly related to the field structures. The Guitiriz granite is characterized by North-South trending magnetic lineations whereas the Hombreiro-Santa Eulalia shows East-West trending magnetic lineations.

Key words: Granite, magnetic structure, Galicia.

Geogaceta, 10 (1991), 134-137.